

KAJI EKSPERIMENTAL BIOMASA SEKAM PADI PADA *CYCLONE BURNER*

Sigit Purwanto^{1*}, Tri Agung Rohmat²

¹Program Studi S2 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

²Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Jalan Grafika No. 2, Yogyakarta 55281

*sigitpmecheng@gmail.com

ABSTRAK

Cyclone burner berbahan bakar sekam padi (*rice husk*) merupakan teknologi pembakaran langsung dengan memanfaatkan aliran pusar. Desain unit *cyclone burner* yang digunakan pada penelitian ini adalah skala lab dengan bahan bakar sekam padi berbentuk serbuk. Penelitian ini juga mempelajari tentang pengaruh variasi ukuran partikel biomasa, laju aliran biomasa, dan laju aliran udara terhadap temperatur pembakaran di dalam ruang pembakaran *cyclone burner*.

Proses persiapan bahan bakar sekam padi untuk mendapatkan variasi ukuran partikel di dalam penelitian ini meliputi beberapa tahap yaitu proses pengeringan, reduksi ukuran partikel dan pengayakan. Proses pembakaran dan proses pencampuran antara bahan bakar dengan udara berlangsung secara bersamaan di dalam ruang pembakaran *cyclone burner*. Pengamatan distribusi temperatur pembakaran menggunakan termokopel yang dipasang sebanyak 3 (tiga) titik ke arah aksial dan radial. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ukuran partikel bahan bakar yang semakin kecil menghasilkan temperatur pembakaran lebih optimum hingga mencapai temperatur 858 °C pada AFR 8,37.

Kata kunci: *cyclone burner*, sekam padi, ukuran partikel, distribusi temperatur.

ABSTRACT

Cyclone burner fueled rice husk is a direct combustion technology to harness the swirl flow. Design cyclone burner units used in this research is a lab-scale with fuel rice husk powder. This research also studies about the influence of particle size variation of biomass, biomass flow rate, and air flow rate to the combustion temperature in the combustion chamber cyclone burner.

The process preparation of rice husk fuel to get the variation in particle size in this experiment included several stages of drying, particle size reducing and sieving. The process of burning and mixing process between fuel with air takes place simultaneously in the cyclone burner combustion chamber. Observations of temperature distribution combustion using a thermocouple installed three (3) points to the direction of axial and radial. The experiment results showed that the particle size smaller produces optimum combustion temperature until reaches temperature 858 °C at 8.37 AFR.

Keywords: cyclone burner, rice husk, particle size, temperature distribution

PENDAHULUAN

Pembakaran langsung serbuk sekam padi merupakan pemanfaatan biomasa padat termudah untuk mendapatkan panas. Berbagai penelitian dengan metode pembakaran biomasa padat telah banyak dilakukan termasuk *fixed bed combustion* dan *moving bed combustion*. Penelitian ini mendesain dan menguji coba *burner* biomasa dengan metode aliran pusar (*swirl flow*) menggunakan serbuk

halus sekam padi. Ruang pembakaran *cyclone burner* berbentuk silinder dengan pipa saluran udara diletakkan pada posisi arah tangensial, sedangkan pipa *feeding* bahan bakar diletakkan pada posisi arah radial yang membentuk sudut 90° terhadap pipa saluran udara. Gas LPG merupakan sumber nyala api yang berfungsi juga sebagai pemantik (*igniter*) yang diletakkan berdekatan dengan pipa *feeding* biomasa searah aliran pusar udara.

Pipa saluran udara yang diletakkan pada posisi arah tangensial terhadap ruang pembakaran mengakibatkan udara yang mengalir di dalam ruang pembakaran membentuk aliran pusar. Aliran pusar juga dapat membantu meningkatkan intensitas pembakaran di ruang pembakaran karena meningkatnya proses pencampuran bahan bakar dan memperpanjang *residence time* (Wahid, 2006). Karakteristik aliran pusar yang disertai dengan adanya komponen kecepatan tangensial pada umumnya dibuat menggunakan baling-baling (*vanes*) berfungsi sebagai pengarah aliran, pengatur sudut dan mengatur kecepatan yang dapat disesuaikan dengan menambah atau mengurangi *swirl* (Kitoh, 1991).

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu melakukan eksperimen *cyclone burner* dengan metode aliran pusar yang mempertimbangkan karakter bahan bakar padat berbentuk serbuk. Dalam makalah ini, bahan bakar sekam padi yang digunakan memiliki tiga variasi ukuran partikel yang berbeda yaitu 40-60, 60-80 dan <80 mesh atau 400-250 μ m, 250-177 μ m dan <177 μ m, tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran partikel biomasa terhadap temperatur pembakaran di ruang pembakaran *cyclone burner*.

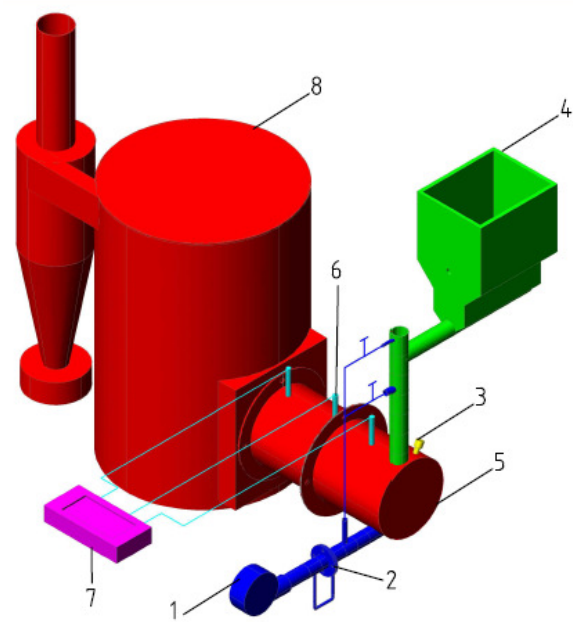
METODE

Bahan Penelitian

Bahan bakar pada penelitian ini menggunakan sekam padi. Proses penghancuran sekam padi menggunakan peralatan dengan skala lab yaitu mesin *diskmill* dan *rotary mill*. Sekam padi yang telah menjadi serbuk dipisahkan menggunakan ayakan, untuk ukuran partikel 40-60 dan 60-80 mesh sedangkan untuk mendapatkan bahan bakar dengan ukuran partikel <80 mesh menggunakan mesin *rotary mill*. Pengujian analisis proksimat bahan bakar dilakukan di Laboratorium Perpindahan Kalor dan Massa PAU UGM dan ditunjukkan pada Tabel 1.

Peralatan

Unit *cyclone burner* terdiri dari sistem ruang pembakaran, sistem suplai bahan bakar, sistem suplai udara dan sistem pengukuran temperatur. Skema unit *cyclone burner* ditunjukkan pada Gambar 1.



1. Blower udara; 2. orifice; 3. Igniter; 4. Storage; 5. Ruang pembakaran; 6. Termokopel; 7. Data logger; 8. Gas collector

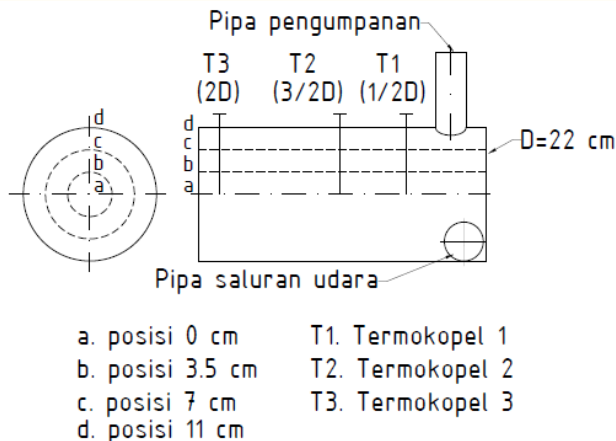
Gambar 1. Skema cyclone burner.

Tabel 1. Analisis proksimat (wt.%)

Component	(wt.%)
Moisture content	3,73
Volatile matter	58,75
Fixed carbon	15,60
Ash	21,91

Cyclone burner merupakan ruangan pembakaran berbentuk silinder dengan posisi horisontal, diameter ruang pembakaran 220 mm dan panjang 500 mm. Dinding ruang pembakaran bagian luar dipasang isolator panas dengan ketebalan 2,5 cm. Gas buang mengalir menuju *gas collector* kemudian keluar melalui cerobong yang terletak pada bagian atas. Ruang pembakaran pada *cyclone burner* diletakkan termokopel sejumlah tiga titik, dengan tujuan untuk mengetahui distribusi temperatur pembakaran arah aksial dan radial. Posisi masing-masing termokopel pada arah aksial yaitu $T_1 = 1/2 D$, $T_1 = 3/2 D$ dan $2 D$ (D = diameter ruang pembakaran). Sedangkan posisi termokopel arah radial divariasikan dengan posisi 0, 3,5, 7 dan 11 cm terhadap jari-jari silinder ruang pembakaran. Termokopel pada uji coba ini menggunakan

tipe K dan terhubung oleh *data logger*. Skema posisi termokopel seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Posisi termokopel

Sistem suplai bahan bakar terdiri dari *screw feeder*, *feed inlet*, *agitator* dan motor listrik. Pada *feed inlet* arah horisontal dipasang saluran udara sekunder yang diletakkan setelah *orifice* karena agar dapat terukur debit udaranya yang keluar ketika digunakan untuk mengantisipasi terjadinya udara balik (*air back*) di dalam ruang pembakaran menuju *feeder storage*. Laju aliran udara disuplai melalui *blower* udara, pada saluran udara utama dipasang alat ukur *orifice* dan terhubung dengan alat ukur manometer U yang bertujuan untuk mengetahui debit udara saat proses pembakaran.

Prosedur

Kecepatan pengumpanan bahan bakar ditentukan dari kecepatan *screw* yang berada di dalam *storage* dan dapat divariasikan kecepatannya dengan menggunakan inverter. Penetapan nilai acuan laju aliran massa bahan bakar dan udara dilakukan berdasarkan pengujian pendahuluan (*preliminary test*) karena tidak adanya nilai acuan dan prosedur baku. Nilai acuan pengujian untuk laju aliran massa bahan bakar (\dot{m}_{bb}) 3,00 kg/jam dan 3,25 kg/jam dengan laju aliran massa udara (\dot{m}_{ud}) 22,32 kg/jam, 24,49 kg/jam, 27,22 kg/jam, 29,35 kg/jam dan 31,34 kg/jam untuk setiap ukuran partikel bahan bakar.

Prosedur awal pengujian *cyclone burner* yaitu dengan mengoperasikan *blower* udara dan menyalakan gas LPG, kemudian temperatur di dalam ruang pembakaran dipertahankan sampai stabil. Selanjutnya mengoperasikan *screw feeder* dengan laju

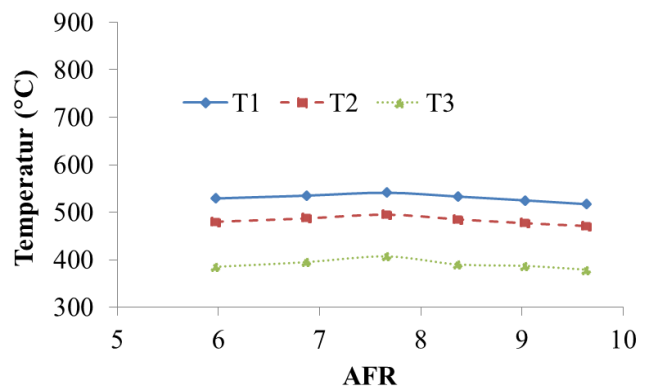
aliran massa bahan bakar sesuai dengan nilai acuan yang ditetapkan. Pada saat yang bersamaan terjadi perubahan temperatur di dalam ruang pembakaran dan data akan terekam di *data logger*, hingga didapatkan temperatur pembakaran maksimal. Pertahankan kondisi operasi pengujian tersebut sampai diperoleh temperatur yang stabil. Setelah temperatur maksimal stabil dilanjutkan dengan memvariasikan AFR dan ukuran partikel bahan bakar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

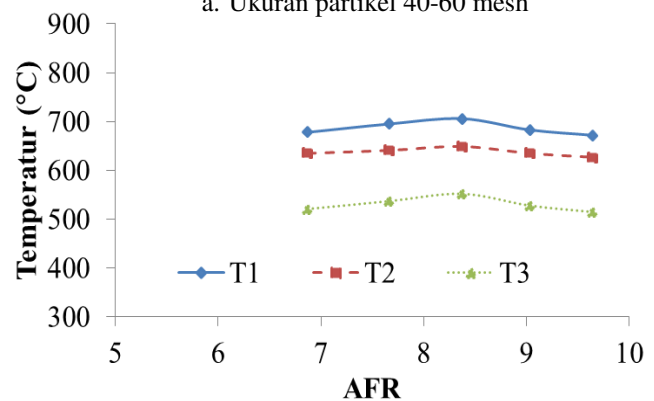
Air Fuel Ratio (AFR) merupakan faktor penting untuk memprediksi hasil pembakaran dan merepresentasikan jumlah udara yang digunakan per unit massa dari bahan bakar selama proses pembakaran.

Efek AFR pada ukuran partikel

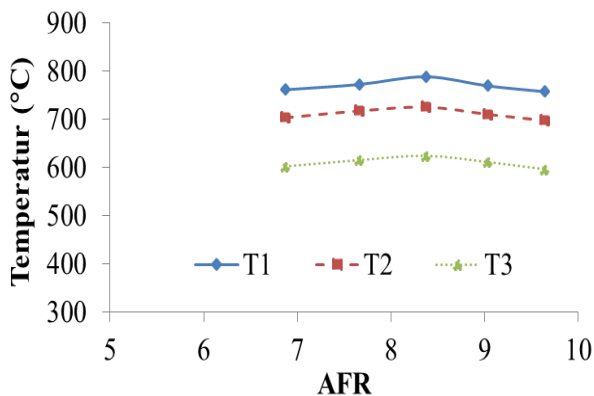
Pengaruh AFR dapat terlihat dengan mengubah variasi laju aliran massa udara dan menjaga konstan laju aliran massa bahan bakar. Pada penelitian ini variasi laju aliran massa (\dot{m}_{bb}) sebesar 3,00 kg/jam dan 3,25 kg/jam. Sedangkan AFR yang ditetapkan yaitu 5,97, 6,87, 7,66, 8,37, 9,03 dan 9,64.



a. Ukuran partikel 40-60 mesh



b. Ukuran partikel 60-80 mesh

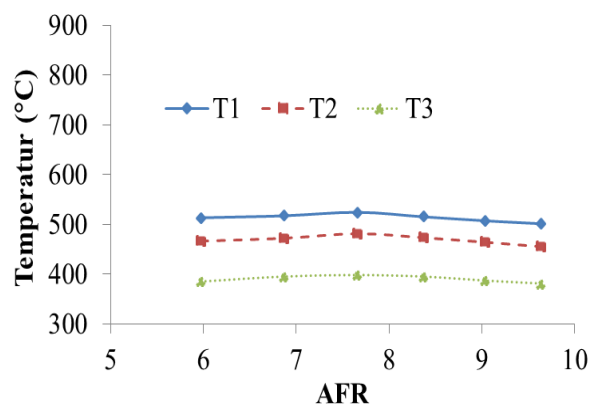


c. Ukuran partikel <80 mesh

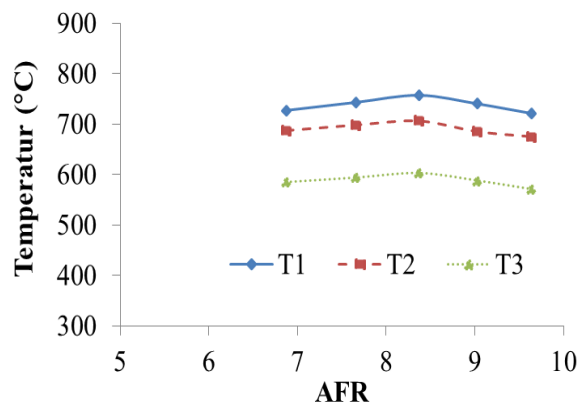
Gambar 3. Hubungan antara temperatur terhadap AFR pada variasi ukuran partikel untuk \dot{m}_{bb} 3,00 kg/jam

Gambar 3. menunjukkan laju aliran massa bahan bakar 3,00 kg/jam, dengan temperatur maksimum untuk ukuran partikel 40-60 mesh terjadi pada T₁, T₂ dan T₃ yaitu sebesar 541, 495 dan 407 °C. Temperatur maksimum untuk ukuran partikel 60-80 mesh, yaitu 706, 649 dan 552 °C sedangkan untuk ukuran partikel <80 mesh diperoleh temperatur maksimum sebesar 788, 725 dan 624 °C. Distribusi temperatur pada T₁, T₂ dan T₃ untuk masing-masing ukuran partikel menunjukkan kecenderungan naik hingga berada pada posisi AFR maksimum kemudian temperatur mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena proses pembakaran dengan suplai udara berlebih sehingga kandungan nitrogen yang berada di dalam udara akan mempengaruhi hasil pembakaran karena menyerap sebagian besar energi panas yang dilepaskan bahan bakar. Jika proses pembakaran kekurangan O₂ maka terjadi pembakaran tidak sempurna sehingga terbentuk C, CO, hidrokarbon dan gas lainnya yang mengakibatkan panas reaksi berkurang.

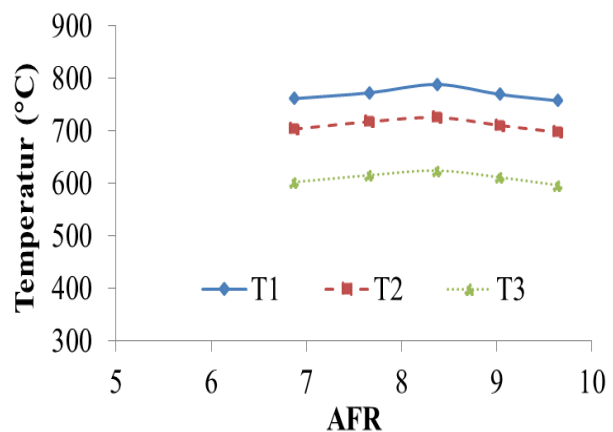
Temperatur pada tiga posisi termokopel arah aksial (T₁, T₂ dan T₃) cenderung mengalami penurunan temperatur, karena seiring dengan meningkatnya jarak pembakaran dari sumber nyala api, penyerapan panas dari gas buang pada zona pembakaran menurun yang mengakibatkan terjadinya penurunan temperatur.



a. Ukuran partikel 40-60 mesh



b. Ukuran partikel 60-80 mesh

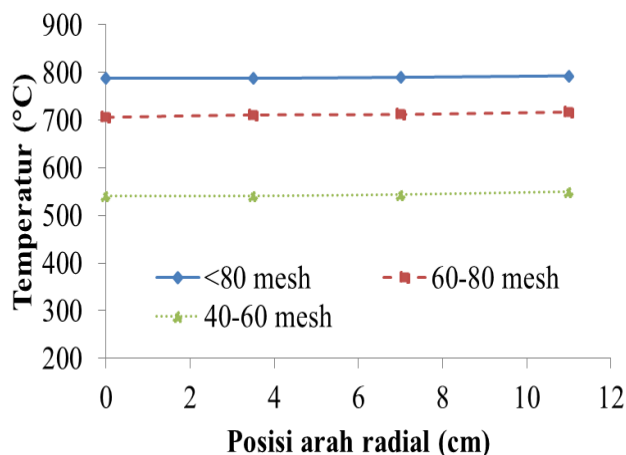


c. Ukuran partikel <80 mesh

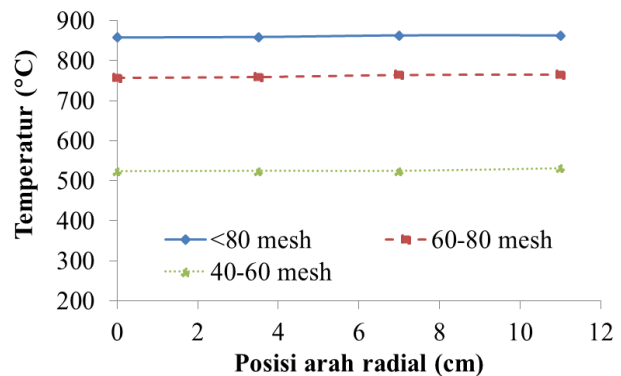
Gambar 4. Hubungan antara temperatur terhadap AFR pada variasi ukuran partikel untuk \dot{m}_{bb} 3,25 kg/jam

Pada pengujian variasi untuk laju aliran massa bahan bakar 3,25 kg/jam, didapatkan temperatur maksimum pada T_1 , T_2 dan T_3 yang terlihat pada Gambar 4, untuk ukuran partikel 40-60 mesh temperatur maksimum yaitu sebesar 524, 481 dan 398 °C. Temperatur maksimum untuk ukuran partikel 60-80 mesh sebesar 757, 706 dan 603 °C, sedangkan ukuran partikel <80 mesh didapatkan temperatur maksimum sebesar 858, 801 dan 685 °C. Temperatur maksimum yang dihasilkan mengalami kecenderungan naik kecuali pada ukuran partikel 40-60 mesh yang mengalami kecenderungan turun. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran partikel bahan bakar yang semakin kecil maka akan semakin besar bidang kontak antara biomasa dan oksigen, sehingga terjadi reaksi pembakaran yang cukup tinggi (Lu dkk, 2010). Selain itu, hasil pembakaran dengan ukuran partikel lebih besar menyebabkan sebagian besar sisa pembakaran adalah arang.

Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa ukuran partikel 40-60 mesh diperoleh nilai AFR optimum berada pada 7,66 sedangkan ukuran partikel 60-80 dan <80 mesh diperoleh AFR optimum 8,37. Variasi nilai AFR akan berpengaruh sensitif terhadap perubahan temperatur di dalam ruang pembakaran. Fenomena perubahan temperatur ini, merupakan efek dari batas minimal oksigen yang dibutuhkan untuk menghasilkan panas dan penurunan energi spesifik karena peningkatan udara berlebih.



a. Laju aliran massa 3,00 kg/jam



b. Laju aliran massa 3,25 kg/jam

Gambar 5. Distribusi temperatur pada posisi termokopel T_1 arah radial di ruang pembakaran pada variasi ukuran partikel

Distribusi temperatur pada posisi termokopel T_1 untuk laju aliran massa 3,00 dan 3,25 kg/jam arah radial pada Gambar 5 menunjukkan tidak terjadi perubahan temperatur yang signifikan pada posisi bagian tengah ruang pembakaran terhadap bagian yang mendekati dinding ruang pembakaran. Selisih temperatur antara posisi tengah (0 cm) hingga mendekati posisi dinding (11 cm) pada ruang pembakaran yaitu antara 5-11 °C. Fenomena ini menjelaskan bahwa, pembakaran bahan bakar terjadi secara berpusar sepanjang dinding ruang pembakaran dan konsentrasi campuran udara dengan partikel bahan bakar relatif sama sehingga menghasilkan pelepasan panas yang tidak jauh berbeda. Kondisi ini terjadi juga pada posisi termokopel T_2 dan T_3 . Kestabilan temperatur pembakaran di dalam ruang pembakaran *cyclone burner* dipengaruhi juga oleh faktor kestabilan pada saat proses pengumpanan bahan bakar karena partikel biomasa serbuk memiliki kekuatan geser yang tinggi (Falk, 2013).

SIMPULAN DAN SARAN

Variasi AFR dan ukuran partikel memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap temperatur pembakaran. AFR maksimum berada di nilai 7,66 untuk ukuran partikel 40-60 mesh dengan temperatur maksimum 524 °C, sedangkan untuk ukuran partikel 60-80 mesh dan <80 mesh, AFR maksimum berada di nilai yang sama yaitu 8,37 dengan temperatur maksimum mencapai 757 °C dan 858 °C.

Ukuran partikel bahan bakar serbuk sekam padi yang lebih kecil yaitu <80 mesh atau <177 μ m menghasilkan temperatur pembakaran yang lebih baik.

Perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait tentang karakteristik pembakaran pada *cyclone burner* seperti analisis gas buang dan abu.

DAFTAR PUSTAKA

Falk, J. 2013. *Particle and Feeding Characteristics of Biomass Powders*, Department of Applied Physics and Electronics, Umea University.

Kitoh, O. 1991. *Experimental Study of Turbulent Swirling Flow in a Straight Pipe*. J. Fluid Mech. 225, 445-479.

Lu, A., Ip, E., Scott, J., Foster P., Vickers, M., dan Baxter, L.L. 2008. *Effects of Particle Shape and Size on Devolatilization of Biomass Particle*, Fuel, Elsevier, 1156-1168. doi:10.1016/j.fuel.2008.10.023.

Wahid, M.A., Jaafar, M.N., dan Ani, F.N. 2006. *Studies On The Effect Of Swirl Intensity And Fuel Mixtures On Combustion And Flame Characteristics Of Swirl Burner*, Universitas Teknologi Malaysia.